

基于 RS 和 GIS 的区域水土流失快速定量评价方法

胡良军, 李锐, 杨勤科

(中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

摘要: 区域水土流失的快速调查和评价对于水土保持宏观决策、灾情快速反应以及水土流失定期公告制的建立具有十分重要的意义。立足于区域水土流失问题的探索和 3S 技术应用的研究, 提出了区域水土流失宏观快速定量评价的方法及其实现的技术路线, 并以整个黄土高原为研究区进行了实例研究, 确定了一套适于该区水土流失宏观定量评价的指标, 建立了相应的评价模型, 并利用该模型对研究区一定年限内的水土流失状况进行了评价, 获得了令人满意的结果。

关键词: 地理信息系统; 遥感; 区域水土流失; 定量评价; 快速评价

文献标识码: B **文章编号:** 1000-288X(2000)06-0042-03 **中图分类号:** S157.2, TP392

Method on Rapid Region-scaled Soil Loss Assessment Based on GIS and RS

HU Liang-jun, LI Rui, YANG Qin-ke

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling District 712100, Shaanxi Province, PRC)

Abstract The rapid survey and assessment study on region-scaled soil and water loss is very significant to macro-decision-making of regional soil loss control, quick control to natural disasters and construction of poster-regime on soil loss regularly. Based on the study of region-scaled soil loss and 3S application, the rapid assessing method is put forward; and taking the whole loess plateau of China as a sample region, series of indices are defined; the model is set up to help to appraise the soil loss in this region; finally, soil loss of the loess plateau is assessed using the model, and some fine results have been got.

Keywords method; GIS; RS; regional soil loss; rapid assessment

区域水土流失的宏观快速定量评价, 就是利用先进的监测手段、数据处理手段和科学、实用、规范的评价方法, 在短期内实现对一个较大区域(自然区域或经济区域)水土流失状况的宏观定量评价和趋势预测^[1]。水土流失是当前的头号环境问题, 它极大地制约着国民经济的健康运行和发展, 因此开展区域水土流失综合治理、进行区域宏观决策是一项必需长期进行的工作; 同时, 我国又是一个洪涝灾害频发的国家, 进行水土流失灾情评估及其应急措施的制定是经常性的, 并且还有着严格的时限要求; 尤其是随着全民环保意识的增强, 建立水土流失定期公告制已成为政府和公众所急。区域水土流失的宏观快速定量评价研究, 正是解决上述问题的理想方案。由于水土流失的复杂性、学科发展水平以及研究手段的局限, 当前的水土流失研究主要集中在坡面和小流域的层次上^[2], 对区域水土流失问题的研究还很薄弱, 主要表现在: (1) 区域的综合定量研究不够; (2) 研究方法

与手段落后, 遥感、GIS 等先进的技术应用不多, 或研究成果的实用化程度不够; (3) 微观下的研究成果向宏观的转换机制尚不清楚; (4) 对区域水土流失的过程机理研究不深; (5) 评价指标缺乏通用性, 且部分指标采集困难, 难于推广应用。本研究通过对区域水土流失快速定量评价方法的探讨, 参考现有的水土流失相关研究成果, 以遥感监测作为获取区域水土流失动态变化信息的基本手段, 以 GIS 作为区域水土流失快速定量评价的数据分析处理手段, 实现对区域水土流失的宏观快速定量评价, 并进而实现对区域水土流失的中长期趋势预测。

1 区域水土流失快速定量评价的方法

1.1 水土流失的过程

水土流失是一个复杂的综合自然地理过程, 其原始含义是指土壤及其母质在侵蚀外营力(水、风、冻融等)的作用下而引起的土壤颗粒及水分(包括养分)的

收稿日期: 2000-06-05

资助项目: 中国科学院知识创新项目“中国水土流失宏观分析与评价研究”(99-01-05)

作者简介: 胡良军(1972-), 男(汉族), 博士研究生, 主要从事 3S 应用、区域环境评价、土壤水分与植被建造方面的研究, 电话(029)7011190,

E-mail: hufeng@mail.com

流失,通常是指土壤的流失。对水力侵蚀而言,水土流失的影响因素可以归结为 2 个方面:外部动力因子和下垫面条件。动力因子是指气候因子,即侵蚀营力,通常指降雨,它反映了产生水土流失的潜在能力;下垫面条件比较复杂,通常可分解为土壤、植被、地形和土地利用状况 4 个方面的内容。下垫面条件与径流的运动有着严格的一致性,它对径流起着再分配的作用。这正是依据下垫面各因子的差异来揭示水土流失规律的理论基础。

水土流失(水蚀)的过程,就是土壤在雨滴的击溅和径流的冲刷作用下产生土壤颗粒的剥离和移动(含沙水流),并在地形、植被以及土地利用方式的再分配作用下,产生现实的水土流失结果^[3]。

美国通用土壤流失方程 USLE 将水土流失的各因子归结为 6 个统计的数量指标(降雨侵蚀力、土壤可蚀性、坡度、坡长、作物管理以及耕作措施)^[4,5],这为我们宏观地研究水土流失问题提供了一种思路。水土流失的影响因素,包括自然因素和人为因素。但长期以来,人们对人为因素的认识有失偏颇。人为因素影响水土流失的实质,是通过各种人为措施影响各自然因子的变化而引起水土流失的加剧或减弱。也就是说,人为影响被反映到各自然因子的变化上了(不一定为一个方面)。所以,影响水土流失的各因素,可以按纯自然因子的角度进行分析,但必须突出显著受人为影响的那些自然因子,一般包括 5 个方面:降雨、土壤、植被、地形和土地利用。

在这 5 大因子中,土壤和地形比较稳定,一般不会发生显著的变化,属静态因子(相对);降雨、植被和土地利用则处于经常性的变化之中,属动态因子。这为快速评价的实现提供了条件。对静态因子,可通过数据的一次建库而长期应用(当然有一定时限);植被和土地利用信息可用遥感手段快速获取(这也是当前遥感应用最成功的领域);降雨资料的获取就更为方便了,可由遍布全国的气候观测网迅速提供。

1.2 实现快速评价的基本环节

区域水土流失快速定量评价的实现涉及 3 个基本技术环节:科学实用的评价方法及规范的技术路线、快速的数据获取手段和先进数据分析处理技术。

评价方法主要涉及评价指标体系和技术路线 2 个方面。评价指标必须科学、精练、实用,易于采集;技术路线简洁、规范,使整个评价过程近于一个标准化的工业生产流程,可大大缩短评价的周期。

评价数据的获取和更新环节一直是限制评价效率的“瓶颈”。这里对水土流失的影响因子(评价指

标)进行动态和静态的区分,并利用遥感来迅速获取水土流失的动态变化信息,实现对各项评价数据的快速更新。

区域水土流失的快速评价涉及多种来源、多种类型的数据,通常包括遥感图像(植被和土地利用)、气候观测资料(降雨)、专题地图(土壤和地形)、调查资料以及相关研究的数据产品。GIS 在处理区域综合研究、定量研究和多专题综合空间分析问题方面具有极大的优势。这里利用 GIS 和一些辅助软件,实现对多源数据的空间集成和水土流失专题信息的自动提取,提高了数据的处理效率。

1.3 区域水土流失快速定量评价方法^[1,6]

据地形、土壤等自然条件的差异将区域宏观地划分为若干个进行水土流失评价的基本评价单元(或网格化),使之成为区域水土流失快速评价中模型建立与评价应用的基础;确定适于该区水土流失评价的数理指标(即各水土流失影响因素的定量化抽象),然后在该区积累的各水土流失影响因子的多年数据基础上,利用 GIS 建立起该区的水土流失评价模型,作为其水土流失后续评价的依据;按照评价的具体要求,通过更新各水土流失动态因子的数据,利用 GIS 的空间分析功能将各水土流失因子的专题信息集成到相应的基本评价单元中,通过模型的运算,即可得出区域内各评价单元的水土流失强度,并可实现区域水土流失的强度和影响因子制图(即所谓水土流失系列图),其技术路线如图 1 所示。

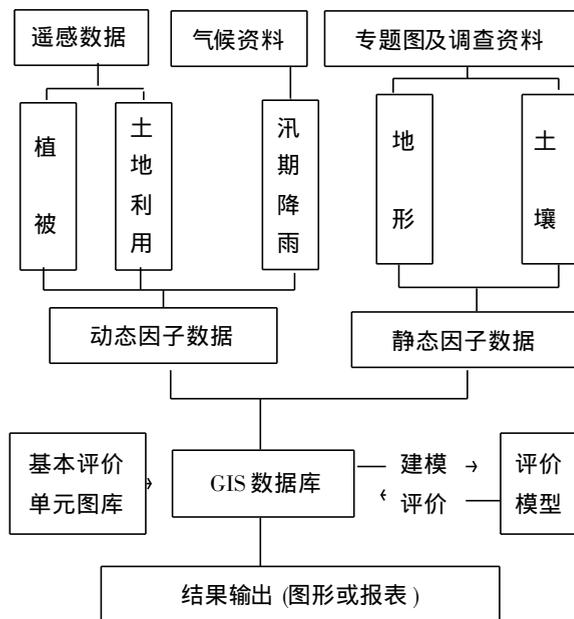


图 1 区域水土流失快速评价技术路线

2 方法应用

以黄土高原约 $5.0 \times 10^5 \text{ km}^2$ 的区域为研究区, 选用据 1: 25 万 TM 卫片制作完成的全国基本地理单元图数据产品 (ARC/INFO 格式) 作为该区水土流失评价的基本评价单元数据源。然后根据该区影响水土流失的各项自然条件的具体特点, 确定了适于黄土高原地区水土流失宏观定量评价的各指标分别为: 气候——汛期降雨量 (6—9 月); 土壤——大于 0.25 mm 风干土水稳性团粒含量; 地形——沟壑密度; 植被——植被盖度; 土地利用——坡耕地面积比。利用趋势面分析软件 SURFER (分析非 GIS 数据并实现与 GIS 数据的交换) 和 GIS 工具软件 ARC/INFO (操作平台), 实现了多源数据在 ARC/INFO 中的空间集成和各评价参数数据的自动提取, 将集成的各评价参数的结果数据在统计分析软件 EXCEL 中进行处理, 最后获得的黄土高原区域水土流失的宏观定量评价模型为:

$$L = 3.5210P^{0.7887} S^{-0.09616} G^{1.9945} M^{0.01898} e^{-0.00144C}$$

式中: L ——土壤侵蚀强度 ($\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$); P ——汛期降雨量 (mm); S ——大于 0.25 mm 风干土土壤团粒含量 (g/kg); G ——沟壑密度 (km/km^2); M ——坡地面积比 (%); C ——植被盖度 (%), 复相关系数 $R = 0.8968$, $F = 1708 > F_{0.01} = 2.37$, 证明其相关性非常显著。

根据评价的具体要求 (多年平均、1 a 或 1 次), 用遥感数据作为区域水土流失评价中动态因子植被和土地利用数据的更新源, 用气象观测资料作为汛期降雨数据的更新源, 结合模型建立过程中处理完成的静态因子 (地形和土壤) 数据结果 (静态因子数据的更新周期较长), 在 ARC/INFO 中将各更新的参数数据信息集成到基本评价单元中, 通过模型的运算, 即可以获得研究区内各基本评价单元的水土流失强度和各项水土流失因子信息, 并可以图形和统计报表的方式进行输出。

3 结 语

利用遥感、GIS 技术, 结合现有的水土流失研究的基础, 在科学、规范的评价方法的指导下, 可以实现区域水土流失的快速宏观调查和定量评价。从本研究的实践来看, 结果是比较令人满意的。但要把该方法推广到更广大的区域 (如全国), 还有很多问题需要更进一步的分析 and 探索: (1) 评价模型的准确程度依赖于原始数据的建设状况。这一问题的完满解决有赖于与模型参数有关的各水土流失因子研究基础的积累; (2) 本研究是以黄土高原作为研究样区, 其评价模型参数的选择主要考虑了该区的具体特点。当研究的区域不同时, 应具体问题具体分析, 选择适合研究区水土流失宏观定量评价的指标; (3) 按照快速评价的思想, 本方法的应用规程应当表现为一套完整的软硬件系统, 使区域水土流失的评价过程成为一个规范、标准且实用的操作流程; (4) 鉴于目前水土流失定量研究的现状, 本研究仅针对水力侵蚀。当需要全面的水土流失信息时, 有必要添加风蚀以及冻融侵蚀等不同侵蚀类型的水土流失信息。

[参 考 文 献]

- [1] 胡良军. 基于 GIS 的区域水土流失定量评价指标研究 [J]. 水土保持通报, 1998, 18(5): 24—27.
- [2] 唐克丽, 蒋定生, 等. 土壤侵蚀的研究及其展望 [J]. 水土保持通报, 1990, 10(3): 1—5.
- [3] 辛树帜, 蒋德麒, 等. 中国水土保持概论 [M]. 北京: 农业出版社, 1982. 115—140.
- [4] Meyer L D. Evolution of the universal soil loss equation [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1984 (2): 99—104.
- [5] Stephens P R, Macmillan J K, Daigle J L, Cihlar J. Estimating universal soil equation factor values with aevophotography [J]. Soil Wa. Con., 1985 (4): 293—296.
- [6] Burrough P A. Dynamic Modeling and Geo-computation in Environmental Modeling [M]. in: GIS reader Karssenberg D, Burrough P A (eds). Faculty of Geographical Sciences, Utrecht University, The Netherlands, 1998.